

Direct injection combustion engine controller injects fuel into cylinder in induction stroke at time that knock occurs if knock occurs in cylinder with injection during compression stroke**Publication number:** DE10006640**Publication date:** 2001-03-01**Inventor:** KADOTA YOICHI (JP)**Applicant:** MITSUBISHI ELECTRIC CORP (JP)**Classification:**

- **international:** *F02D35/02; F02D41/30; F02D41/40; F02B75/12;
F02D35/02; F02D41/30; F02D41/40; F02B75/00; (IPC1-7): F02D41/38*

- **European:** F02D35/02; F02D41/30C6; F02D41/40D

Application number: DE20001006640 20000215**Priority number(s):** JP19990245062 19990831[Report a data error here](#)**Abstract of DE10006640**

The controller has direct injectors, an induction air detector, a crankshaft angle detector, a choke flap angle detector, a cylinder identifier for the cylinder in which combustion is occurring, a knock detector and a regulator for regulating fuel injection for computing the fuel quantity from the detector inputs and passing the fuel quantity as an electrical signal to the injectors. If knock occurs in a cylinder in which fuel is being injected during the compression stroke, then fuel is injected into the cylinder in the induction stroke at a time at which knock occurs

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift
⑯ ⑩ DE 100 06 640 A 1

⑮ Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/38

DE 100 06 640 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 100 06 640.2
⑯ ⑯ Anmeldetag: 15. 2. 2000
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 1. 3. 2001

⑯ Unionspriorität: 11-245062 31. 08. 1999 JP	⑯ Erfinder: Kadota, Yoichi, Tokio/Tokyo, JP
⑯ Anmelder: Mitsubishi Denki K.K., Tokio/Tokyo, JP	
⑯ Vertreter: HOFFMANN · EITLE, 81925 München	

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑯ Steuereinrichtung für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung
⑯ Bei einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung wird dann, wenn Klopfen in einem Zylinder zu jenem Zeitpunkt auftritt, wenn sich die Brennkraftmaschine in einer Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart befindet, Kraftstoff in einen anderen Zylinder im Ansaughub eingespritzt, bevor in diesen Kraftstoff eingespritzt wird im Verdichtungshub, so daß das Auftreten von Klopfen durch Absenken der Temperatur im Zylinder unterdrückt werden kann. Diese Anordnung erlaubt es, die beste Leistung der Brennkraftmaschine im normalen Betriebszustand dadurch zu erzielen, daß Klopfen unterdrückt wird, das in einem speziellen Betriebszustand auftritt.

DE 100 06 640 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft die Kraftstoffeinspritzregelung in einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, bei welcher Kraftstoff direkt in einen Zylinder eingespritzt wird.

Fig. 5 zeigt schematisch den Aufbau einer Brennkraftmaschine, die mit einem Direkteinspritzsystem versehen ist, und die Anordnung einer Steuer- oder Regeleinrichtung.

In **Fig. 5** weist eine Brennkraftmaschine **1** mit Direkteinspritzung für Kraftfahrzeuge einen Luftflußsensor **2** zur Messung der Ansaugluftmenge auf, die von der Brennkraftmaschine angesaugt wird, eine Drosselklappe **3**, die in Zusammenarbeit mit einer Gaspedal betätigt wird, das normalerweise von einem Fahrer des Kraftfahrzeugs betätigt wird, um die von der Brennkraftmaschine angesaugte Ansaugluftmenge einzustellen, einen Drosselklappensensor **4** zum Detektieren der Position der Drosselklappe **3**, einen Kurbelwinkelsensor **5** zum Detektieren der Brennkraftmaschinen-drehzahl und der Position der Kurbelwelle, einen Wassertemperatursensor **6** zum Detektieren der Kühlwassertemperatur als Vorrichtung zum Detektieren des Aufwärmzustands der Brennkraftmaschine, einen O₂-Sensor **7** zum Detektieren der Sauerstoffkonzentration in dem Auspuffgas, das von der Brennkraftmaschine ausgestoßen wird, eine Steuer- oder Regeleinrichtung **8**, eine Zündkerze **9**, ein Luftbypaßventil **10**, einen Injektor **11** zum Liefern von Kraftstoff in einen Zylinder, einen Zylinderidentifizierungssensor **14**, der auf einer Kurbelwelle angebracht ist, zum Identifizieren jenes Zylinders, in welchem eine Verbrennung stattfindet, und einen Klopfsensor **15** zum Detektieren von Zuständen, bei welchen in der Brennkraftmaschine Klopfen auftritt.

Es wird darauf hingewiesen, daß zusätzlich zur Regelung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge auf der Grundlage der Ansaugluftmenge die Regelung auch auf der Grundlage des Ansaugluftdrucks durchgeführt werden kann, des Drosselklappenwinkels, des volumetrischen Wirkungsgrads, oder des Beschickungswirkungsgrads.

Die Steuer- oder Regeleinrichtung **8** ist eine Steuerung (ECU) für das Verbrennen von Kraftstoff in der Brennkraftmaschine bei einem gewünschten Luft/Kraftstoffverhältnis durch Bestimmung des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine auf der Grundlage der Signale, die von dem Luftflußsensor **2**, dem Drosselklappenwinkelsensor **4** und dem Kurbelwinkelsensor **5** detektiert werden, und zur Berechnung verschiedener Steuer- oder Regelgrößen entsprechend dem Betriebszustand.

Das Luftbypaßventil **10** steuert die Drehzahl der Brennkraftmaschine im Leerlauf, wenn die Drosselklappe vollständig geschlossen ist, durch Steuern oder Regeln der Luftmenge, welche die Drosselklappe **3** umgeht.

Der Injektor **11** wird in Reaktion auf ein elektrisches Vorgabesignal betrieben, das von einem Injektortreiber **13** übertragen wird.

Ein EGR-Ventil **12** ist ein Ventil zum Steuern oder Regeln der Menge an rückgeführten Auspuffgasen durch Rückführung der Auspuffgase von der Brennkraftmaschine zu den Brennkammern und deren erneute Verbrennung, um die Menge an NO_x zu verringern.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Zündkerze **9**, das Luftbypaßventil **10**, das EGR-Ventil **12** und der Injektortreiber **13** sämtlich von der Steuer- oder Regeleinrichtung **8** gesteuert bzw. geregelt werden, und daß der Injektor **11** mit Hilfe des Injektortreibers **13** betrieben wird.

Brennkraftmaschinen, die mit einem derartigen Steuer- oder Regelsystem für Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung versehen sind, wie dies voranstehend geschildert

wurde, haben Beachtung als ideale Brennkraftmaschinen gefunden, bei welchen sich folgende vier Effekte erwarten lassen.

5 (1) Verringerung von Auspuffgasen

Bei herkömmlichen Systemen, bei welchen Kraftstoff in einem Abschnitt außerhalb eines Zylinders eingespritzt wird, muß infolge der Tatsache, daß sich ein gewisser Anteil des eingespritzten Kraftstoffs auf dem Ansaugventil und dem Ansaugventilführungen ablagert, bevor es in einen Zylinder hereingezogen wird, der abgelagerte Kraftstoff berücksichtigt werden, insbesondere wenn eine Brennkraftmaschine bei niedrigen Temperaturen angelassen wird, bei welchen die Verdampfung des Kraftstoffs schwierig ist, und wenn die Brennkraftmaschine in einem Übergangszustand betrieben wird, in welchem relativ schnelle Reaktionen auf Schwankungen des zugeführten Kraftstoffs erforderlich sind.

Im Gegensatz hierzu können Brennkraftmaschinen mit 20 Direkteinspritzung die Mengen an abgegebenem HC und CO verringern, da das Luft/Kraftstoffverhältnis mager gewählt werden kann, ohne daß Verzögerungen beim Kraftstofftransport berücksichtigt werden müssen.

25 (2) Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs

Wenn Kraftstoff in einen Zylinder eingespritzt wird, läßt sich ein Verbrennungszustand erzielen, bei welchem der Kraftstoff entsprechend dem Zündzeitpunkt unmittelbar vor 30 Zündung des Kraftstoffs eingespritzt wird, so daß ein Verbrennungszustand erzeugt wird, bei welchem die aus einem brennbaren Kraftstoff gebildete Kraftstoffmischung in der Nähe einer Zündkerze bei der Zündung ungleichmäßig verteilt ist. Hierdurch wird eine geschichtete Verbrennung ermöglicht. Hierdurch kann ein scheinbares Luft/Kraftstoffverhältnis in Bezug auf die zugeführte Luftmenge und die zugeführte Kraftstoffmenge, die dem Zylinder zugeführt werden, äußerst mager ausgebildet werden. Das Einbringen großer Mengen an rückgeführten Auspuffgasen beeinflußt 35 darüber hinaus die Verbrennung nicht negativ, infolge der Erzielung einer geschichteten Verbrennung. Daher kann der Kraftstoffverbrauch verringert werden, und können Pumpverluste verringert werden.

40 (3) Verbesserte Ausgangsleistung von Brennkraftmaschinen

Da sich bei einer geschichteten Verbrennung die Kraftstoffmischung in der Nähe der Zündkerze ansammelt, kann 45 die Entstehung eines Klopfen hervorruhenden Gases verringert werden, wodurch die Antiklopfegenschaften verbessert werden können, und auch das Verdichtungsverhältnis der Brennkraftmaschine erhöht werden kann. Da der Kraftstoff in dem Zylinder verdampft wird, wird darüber hinaus die Dichte der Ansaugluft durch Wärmeentzug von der Ansaugluft in dem Zylinder erhöht, wodurch der volumetrische 50 Wirkungsgrad zunimmt. Daher kann die Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine verbessert werden.

55 (4) Verbessertes Fahrverhalten

Da Kraftstoff direkt in die Zylinder eingespritzt wird, ist 60 die Verzögerung zwischen jenem Zeitpunkt, wenn der Kraftstoff zugeführt und verbrannt wird, bis zu jenem Zeitpunkt, an welchem eine Ausgangsleistung durch die Verbrennung des Kraftstoffs erzeugt wird, kürzer als bei herkömmlichen Brennkraftmaschinen, wodurch eine Brennkraftmaschine mit hervorragender Reaktion erzielt werden kann.

Für herkömmliche Brennkraftmaschinen mit Direktein-

spritzung, bei welchen die voranstehend geschilderten Effekte auftreten, beschreibt die japanische Veröffentlichung eines ungeprüften Patents Nr. 4-183951 Vorgehensweisen für die Klopfunterdrückung.

Bei dem in dieser Veröffentlichung geschilderten Vorschlag wird das Klopfen dadurch unterdrückt, daß die Zündung bei einem verzögerten Zündzeitpunkt durchgeführt wird, und Kraftstoff bei einem vorgestellten Zündzeitpunkt eingespritzt wird, während des Verdichtungshubs, wenn Klopfen aufgetreten ist.

Klopfen wird durch spontane Zündung und Verbrennung der endgültigen Gasmischung in einem Zylinder zu einem Zündzeitpunkt hervorgerufen, der sich von dem eigentlichen Zündzeitpunkt unterscheidet, an welchem die Zündung mit Hilfe der Zündkerze durchgeführt wird.

Daher kann Klopfen nur schwer dann auftreten, wenn Kraftstoff nur in der Nähe der Zündkerze vorhanden ist, wie dies bei der Kraftstoffeinspritzung während des Verdichtungshubs der Fall ist. Allerdings besteht die Möglichkeit, daß sich der Kraftstoff spontan entzündet, und Klopfen auftritt, und zwar unter speziellen Bedingungen, bei welchen das Verdichtungsverhältnis der Brennkraftmaschine hoch ist, der Zündzeitpunkt vorgestellt ist, die Temperatur der Ansaugluft selbst hoch ist, ein leicht verdampfender Kraftstoff verwendet wird, und der Kraftstoff nicht perfekt geschichtet wird.

Bei dem Direkteinspritzsteuersystem ist eine Betriebsart (Magerbetriebsart) vorhanden, bei welcher Kraftstoff wie voranstehend geschildert im Verdichtungshub geliefert wird, um die Auspuffgase und den Kraftstoffverbrauch zu verbessern, sowie eine übliche Betriebsart vorhanden, bei welcher der Betrieb so durchgeführt wird, daß Kraftstoff während des Ansaughubs geliefert wird, und er in einem gleichmäßig gemischten, normalen Zustand verbrannt wird.

Die voranstehend geschilderte Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart (Magerbetriebsart) hat erhebliche Auswirkungen in Bezug auf einen verringerten Kraftstoffverbrauch, wie dies voranstehend unter (2) beschrieben wurde, und weist den Vorteil auf, daß das Auftreten von Klopfen unwahrscheinlich ist, wie dies unter (3) geschildert wurde. Daher können das Verdichtungsverhältnis und der Zündzeitpunkt einer Brennkraftmaschine so eingestellt werden, daß die Verbesserung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine Priorität hat.

Wenn man jedoch berücksichtigt, daß ein Fahrzeug tatsächlich auch unter speziellen Bedingungen gefahren wird, beispielsweise bei einem äußerst leicht verdampfenden Kraftstoff in Umgebungen mit relativ hoher Temperatur und hoher Trockenheit, so läßt sich nicht vermeiden, daß das Verdichtungsverhältnis und der Zündzeitpunkt so eingestellt werden, daß in einem gewissen Ausmaß der Kraftstoffverbrauch und die Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine beeinträchtigt werden.

Da die Eigenschaften einer Brennkraftmaschine so eingestellt werden, daß diese selbst mit derartigen Bedingungen fertig werden kann, in welche die meisten Benutzer nie gelangen, führt dies dazu, daß unter üblichen Bedingungen der Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs in gewissem Ausmaß verschlechtert wird. Dies liegt daran, daß dann, wenn der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt oder der Zündzeitpunkt oder beide wesentlich geändert werden, eine große Wahrscheinlichkeit dafür besteht, daß das Verbrennungsverhalten beeinträchtigt wird, und wenn zu diesem Zeitpunkt Klopfen auftritt, der Zündzeitpunkt nicht verzögert werden kann, wie dies bei der herkömmlichen Klopfsteuerung erfolgt, da die Verbrennung in der Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart durch eine subtile Zeiteinstellung für die Kraftstoffeinspritzung und die Zündung durchgeführt wird.

Fig. 6 zeigt den Betriebsablauf einer herkömmlichen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, die mit einer Steuer- oder Regeleinrichtung betrieben wird.

Fig. 6 zeigt hintereinander die Betriebeigenschaften von 5 der Oberseite in dem Diagramm aus, etwa ein Ausgangssignal SGC von dem Zylinderidentifizierungssensor **14**, ein Ausgangssignal SGT von dem Kurbelwinkelsensor **5**, den Zustand des Verbrennungshubs jedes Zylinders, der auf der Grundlage der Ausgangssignale SGC und SGT detektiert 10 wird, den Einspritzzeitpunkt jedes Injektors, und den Zeitpunkt, an welchem Klopfen auftritt. Es wird darauf hingewiesen, daß **Fig. 6** darüber hinaus ein Ausgangssignal von jedem Sensor und den Verbrennungsvorgang zeigt, der sich von links nach rechts in der Figur im Verlauf der Zeit ändert. 15 Wenn wie in **Fig. 6** gezeigt bei der herkömmlichen Steureinrichtung Klopfen zu einer Zeit T9 während der Verbrennung in einem dritten Zylinder (#3) auftritt, so liest die Steureinrichtung ein Ausgangssignal von einem Klopfsensor zu einer Zeit T4 (vgl. das Ausgangssignal des Kurbelwinkelsensors). Da jedoch eine Verdichtungshubeinspritzung durchgeführt wird, werden die Kraftstoffmenge, die von dem Injektor eines vierten Zylinders (#4) eingespritzt wird, und der Zündzeitpunkt zu einer Zeit T14 gesteuert bzw. geregelt, ohne daß eine Klopfsteuerung durchgeführt 20 wird. 25

Daher tritt Klopfen kontinuierlich in dem vierten Zylinder (#4) selbst zu einer Zeit T10 auf. Danach tritt Klopfen kontinuierlich selbst bei Zeiten T11 und T12 auf, da keine Klopfsteuerung durchgeführt wird, und sich die Regelgrößen 30 in Bezug auf eingespritzten Kraftstoff und Zündzeitpunkt nicht ändern.

Mit der vorliegenden Erfindung wird daher angestrebt, Klopfen selbst dann zu unterdrücken, falls dies dann auftritt, wenn die voranstehend geschilderte Brennkraftmaschine 35 mit Direkteinspritzung in einer Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart betrieben wird.

Ein Ziel der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, in ausreichendem Ausmaß das Potential der Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung mit der voranstehend geschilderten Ausbildung zu nutzen, durch Einstellung der Eigenschaften der Brennkraftmaschine auf solche Weise, daß deren Ausgangsleistung der Vorrang eingeräumt wird, um den Kraftstoffverbrauch zu verringern.

Eine Steuer- oder Regeleinrichtung für einen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß die Steuer- oder Regeleinrichtung Injektoren aufweist, die so angeordnet sind, daß sie direkt Kraftstoff in jeweilige Zylinder der Brennkraftmaschine einspritzen; einen Ansaugluftmengendetektor zum Detektieren der Ansaugluftmenge, die in die Brennkraftmaschine angesaugt wird; einen Kurbelwinkeldetektor zum Detektieren eines Kurbelwinkels der Brennkraftmaschine; einen Drosselklappenwinkeldetektor zum Detektieren eines Winkels einer Drosselklappe; eine Zylinderidentifizierungsvorrichtung zum Identifizieren eines Zylinders, in welchem eine Verbrennung auftritt einen Klopfdetektor zum Detektieren von Klopfen in der Brennkraftmaschine; und eine Steuer- oder Regeleinrichtung zum Steuern bzw. Regeln der Kraftstoffeinspritzung in der Brennkraftmaschine, durch Berechnung der Kraftstoffmenge, die in die Brennkraftmaschine eingespritzt wird, auf der Grundlage des Signals, das von dem Ansaugluftmengendetektor detektiert wird, dem Kurbelwinkeldetektor oder dem Drosselklappenwinkeldetektor, und durch Übertragung der Kraftstoffmenge als elektrisches Signal an die Injektoren, wobei dann, wenn Klopfen in einem Betriebszustand auftritt, in welchem Kraftstoff im Verdichtungshub eingespritzt wird, Kraftstoff in einen Zylinder im Ansaughub zu dem Zeit-

punkt eingespritzt wird, wenn Klopfen auftritt.

Bei einer Ausführungsform wird die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, wenn Klopfen aufgetreten ist, vorzugsweise variabel entsprechend dem Klopfzustand gesteuert bzw. geregelt.

Bei einer anderen Ausführungsform wird die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nachdem Klopfen aufgetreten ist, vorzugsweise so eingestellt, daß ein Luft/Kraftstoffverhältnis erzielt wird, bei welchem der Kraftstoff in dem Zylinder nicht gezündet wird.

Bei einer weiteren Ausführungsform wird die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten des Klopfens, vorzugsweise so eingestellt, daß das Ausgangsdrehmoment, das durch die Verbrennung einer Kraftstoffmenge erzeugt wird, welche die Summe der voranstehend erwähnten Kraftstoffmenge und jener Kraftstoffmenge darstellt, die in den Zylinder im Verdichtungshub nach dem Ansaughub eingestellt wird, annähernd gleich jenem Ausgangsdrehmoment wird, das auf der Grundlage der Kraftstoffmenge erzeugt wird, die in den Verdichtungshub eingespritzt wird, wenn kein Klopfen auftritt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

Fig. 1 den Betriebsablauf einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, die von einer Steuer- oder Regeleinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung gesteuert bzw. geregelt wird;

Fig. 2 ein Flußdiagramm, welches die Verarbeitung zeigt, die von der Steuer- oder Regeleinrichtung zu einem Zeitpunkt TDC durchgeführt wird (dem Zeitpunkt, an welchem ein Signal SGT absinkt), in **Fig. 1**;

Fig. 3 ein Flußdiagramm, welches die von der Steuer- oder Regeleinrichtung durchgeführte Verarbeitung zu einem Zeitpunkt 70°B in **Fig. 1** zeigt;

Fig. 4 ein Flußdiagramm, welches die Art und Weise der Steuergrößenberechnungsverarbeitung zeigt, die von der Steuer- oder Regeleinrichtung zu jedem vorbestimmten Zeitpunkt durchgeführt wird;

Fig. 5 eine schematische Ansicht der Ausbildung einer Brennkraftmaschine, die mit einem Direkteinspritzsystem und einer Steuer- oder Regeleinrichtung versehen ist; und

Fig. 6 den Betriebsablauf einer herkömmlichen Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, die von einer herkömmlichen Steuer- oder Regeleinrichtung gesteuert bzw. geregelt wird.

AUSFÜHRUNGSFORM 1

Fig. 1 zeigt den Betriebsablauf einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, die durch eine Steuer- oder Regeleinrichtung (nachstehend als Regeleinrichtung bezeichnet) gemäß der vorliegenden Erfindung gesteuert bzw. geregelt wird. **Fig. 1** zeigt ein Ausgangssignal von einem Winkelsensor und einen Verbrennungsvorgang, der sich von links nach rechts in der Figur im Verlauf der Zeit ändert.

Die Brennkraftmaschine gemäß Ausführungsform 1 ist ähnlich ausgebildet wie die in **Fig. 5** gezeigte, herkömmliche Brennkraftmaschine, und die Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich durch die Art und Weise der Verarbeitung aus, die von einer Regeleinrichtung **8** durchgeführt wird. In der folgenden Beschreibung werden die gleichen Bezugszeichen wie in **Fig. 5** zur Bezeichnung der gleichen Bauteile verwendet.

Weiterhin dient ein Luftflußsensor **2** als Ansaugluftmengendetektorvorrichtung, dient ein Drosselklappenwinkelsensor **4** als Drosselklappenwinkeldetektorvorrichtung, dient ein Kurbelwinkelsensor **5** als Kurbelwinkeldetektorvorrichtung, dient ein Zylinderidentifizierungssensor **14** als Zylinderidentifizierungsvorrichtung, und dient ein Klopfsensor **15** als Klopfdetektorvorrichtung.

Es wird darauf hingewiesen, daß die einzuspritzende Kraftstoffmenge auf der Grundlage des Ansaugluftdrucks, des Drosselklappenwinkels, des volumetrischen Wirkungsgrads oder des Beschickungswirkungsgrads geregelt werden kann, über die Regelung auf der Grundlage der Ansaugluftmenge hinaus.

Im einzelnen wird der Pegel eines SGC-Signals aufeinanderfolgend detektiert (H (hoch), L (niedrig), H, H, L, L, L, und H), jedesmal dann, wenn sich der Pegel des Signals SGT ändert (Zeitpunkte T1 bis T8). Dann werden die detektierten Signalpegel, die zu jedem Zeitpunkt erhalten wurden, an welchem das Signal SGT absinkt (TDC) bzw. ansteigt (70°B in **Fig. 1**) paarweise gruppiert (H, L), (H, H), (L, L) und (L, H), wodurch vier Typen der Zylinder identifiziert werden, um hierdurch Zylinder zu identifizieren, welchen Kraftstoff zugeführt wird (Zylinder im Verdichtungshub und im Ansaughub), und wird der Injektor für den jeweiligen Zylinder entsprechend dem Zeitpunkt geregelt.

Gemäß **Fig. 1** wird in der Regeleinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn Klopfen während der Verbrennung im dritten Zylinder (#3) zum Zeitpunkt T21 auftritt, eine Ansaughubeinspritzung hinzugefügt, nachdem die Regeleinrichtung **8** das Signal gelesen hat, das von dem Klopfsensor ausgegeben wird. Da jedoch ein Verdichtungshub in dem vierten Zylinder (#4) durchgeführt wird, wird die Verdichtungshubeinspritzung bis zu einem Zeitpunkt T22 fortgesetzt, und wird gleichzeitig eine Ansaughubeinspritzregelung im zweiten Zylinder (#2) durchgeführt, in welchem momentan der Ansaughub stattfindet.

Dies führt dazu, daß zu einem Zeitpunkt T23 Klopfen auftritt, da zum Zeitpunkt T21 nur eine Verdichtungshubeinspritzung im vierten Zylinder (#4) durchgeführt wird. Da jedoch die Ansaug-/Verdichtungshubeinspritzung während der nächsten Verbrennung im zweiten Zylinder (#2) und den darauffolgenden Zylindern durchgeführt wird, wird das Klopfen zu den Zeitpunkten T25 und T26 unterdrückt.

Nunmehr wird der Betriebsablauf bei der Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung, die durch die Regeleinrichtung geregelt wird, unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis 4 beschrieben.

Fig. 2 ist ein Flußdiagramm, welches die Art und Weise der Verarbeitung zeigt, die von der Regeleinrichtung zu einem Zeitpunkt TDC (Zeitpunkt, an welchem das Signal SGT absinkt) in **Fig. 1** durchgeführt wird. **Fig. 3** ist ein Flußdiagramm, welches die Art und Weise der Verarbeitung zeigt, die von der Regeleinrichtung zum Zeitpunkt 70°B in **Fig. 1** durchgeführt wird (Zeitpunkt, an welchem das Signal SGT ansteigt, also ein Zeitpunkt, der 70° vor dem Zeitpunkt TDC (oberer Totpunkt) in Bezug auf dem Kurbelwinkel liegt). Weiterhin zeigt **Fig. 4** ein Flußdiagramm, daß die Art und Weise der Steuer- oder Regelgrößenberechnungsverarbeitung zeigt, die von der Regeleinrichtung zu jedem vorbestimmten Zeitpunkt durchgeführt wird.

Zuerst wird in dem in **Fig. 2** gezeigten Schritt **101** der Signalpegel eines Signals SGC1 zum Zeitpunkt TDC (Zeitpunkt, an welchem das Signal SGT absinkt) gelesen.

Dann wird in dem in **Fig. 3** gezeigten Schritt **102** der Signalpegel eines Signals SGC2 zum Zeitpunkt 70°B (Zeitpunkt, an welchem das Signal SGT ansteigt) gelesen.

Weiterhin wird im Schritt **103** ein Zylinder der Brennkraftmaschine, bei welchem momentan eine Verarbeitung

durchgeführt werden soll, durch Kombination der Signalpulse des Signals SGC1 und des Signals SGC2 identifiziert.

In dem darauffolgenden Schritt 104 wird festgestellt, ob bei dem im Schritt 103 identifizierten Zylinder die Verdichtungshubeinspritzung durchgeführt wird oder nicht.

Falls festgestellt wird, daß die Verdichtungshubeinspritzung nicht durchgeführt wird, geht der Betriebsablauf zum Schritt 109 über, in welchem eine Ansaughubeinspritzung durchgeführt wird. Diese Regelverarbeitung ähnelt der herkömmlichen Regelverarbeitung, bei welcher festgestellt wird, ob eine Brennkraftmaschine in einem Zustand betrieben wird oder nicht, in welchem die Verdichtungshubeinspritzung möglich ist. Weiterhin wird im Schritt 112, wie dies nachstehend noch genauer erläutert wird, festgestellt, ob die Einspritzverarbeitung entweder im Verdichtungs- oder im Ansaughub durchgeführt werden soll, und dann wird ein Injektor durch Ausgabe eines vorbestimmten Einspritzimpulses auf der Grundlage des Ergebnisses dieser Feststellung betrieben.

Wenn im Gegensatz hierzu im Schritt 104 festgestellt wird, daß die Verdichtungshubeinspritzung durchgeführt werden soll, geht der Betriebsablauf zum Schritt 105 über, in welchem festgestellt wird, ob Klopfen auftritt oder nicht.

Wenn im Schritt 105 festgestellt wird, daß Klopfen auftritt, selbst wenn eine Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart eingesetzt wird, geht der Betriebsablauf zum Schritt 106 über, in welchem die Klopfstärke detektiert wird, und die Kraftstoffmenge, die in einen Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, berechnet wird.

Im darauffolgenden Schritt 107 wird der Kraftstoff in den Zylinder im Ansaughub eingespritzt, auf der Grundlage der einzuspritzenden Kraftstoffmenge im Ansaughub, die im Schritt 106 berechnet wurde.

Dann geht der Betriebsablauf zum Schritt 108 über, in welchem eine Verdichtungshubeinspritzung bei jenem Zylinder durchgeführt wird, bei dem im Schritt 107 eine Ansaughubeinspritzung durchgeführt wurde. Die Kraftstoffmenge, die in dem Verdichtungshub eingespritzt werden soll, wird dadurch erhalten, daß die im Ansaughub im Schritt 107 eingespritzte Kraftstoffmenge von der Kraftstoffmenge subtrahiert wird, die in dem Verdichtungshub eingespritzt wird, wenn kein Klopfen auftritt.

Es wird darauf hingewiesen, daß dann, wenn im Schritt 105 festgestellt wird, daß kein Klopfen auftritt, der Betriebsablauf zum Schritt 108 übergeht, und eine Verdichtungshubeinspritzung durchgeführt wird.

Bei der Sollsteuergrößenberechnungsroutine, die in Fig. 4 gezeigt ist, werden Steuergrößen, die in dem Verdichtungshubeinspritzvorgang im Schritt 108 und in einem Ansaughubeinspritzvorgang im Schritt 109 geregelt werden, berechnet.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, wird zuerst ein Belastungszustand der Brennkraftmaschine detektiert, entsprechend dem Ausgangssignal von dem Drosselklappenwinkelsensor 4, im Schritt 111, und wird die Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 entsprechend dem Ausgangssignal SGT von dem Kurbelwinkelsensor 5 detektiert. Dann wird der Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1 im darauffolgenden Schritt 112 festgestellt, auf der Grundlage der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1, und wird die Regelbetriebsart der Brennkraftmaschine auf der Grundlage des Ergebnisses dieser Feststellung festgelegt.

Im einzelnen werden eine Einspritzbetriebsart (ob Kraftstoff in der Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart oder der Ansaughubeinspritzbetriebsart eingespritzt werden soll), eine A/F-Regelbetriebsart (entweder eine O₂-Rückkopplungsbetriebsart oder eine Regelbetriebsart mit offener Schleife), und eine Laufbetriebsart (eine Leerlaufbetriebs-

art, eine gleichmäßige Laufbetriebsart, oder ein Übergangs-Laufbetriebsart) festgelegt.

Daraufhin wird im Schritt 113 festgestellt, ob die Verdichtungshubeinspritzung durchgeführt wird oder nicht, auf der Grundlage der Betriebsart, die im Schritt 112 festgelegt wurde.

Wenn im Schritt 113 festgestellt wird, daß die Verdichtungshubbetriebsart durchgeführt werden soll, geht der Betriebsablauf zum Schritt 114 über, in welchem verschiedene Regelsollwerte für die Verdichtungshubbetriebsart berechnet werden.

Im Gegensatz hierzu geht, wenn im Schritt 113 festgestellt wird, daß die Verdichtungshubeinspritzung nicht durchgeführt werden soll, der Betriebsablauf zum Schritt 115 über, in welchem verschiedene Regelsollwerte für die Ansaughubeinspritzung berechnet werden.

Wie voranstehend geschildert kann gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn Klopfen infolge eines speziellen Betriebszustands hervorgerufen wird, der auftritt, wenn die

20 Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung in der Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart betrieben wird, in welcher es theoretisch unwahrscheinlich ist, daß Klopfen auftritt, das Klopfen dadurch unterdrückt werden, daß in der Auswirkung die Zylindertemperatur verringert wird, mittels Durchführung einer Ansaughubeinspritzung zusätzlich zur Verdichtungshubeinspritzung. Daher können das Verdichtungsverhältnis und der Zündzeitpunkt eingestellt werden, ohne den voranstehend geschilderten, speziellen Zustand berücksichtigen zu müssen (also ein hohes Verdichtungsverhältnis der Brennkraftmaschine selbst, einen vorgestellten Zündzeitpunkt, eine hohe Temperatur der Ansaugluft, Verwendung eines äußerst flüchtigen Kraftstoffs, und nicht perfekte Verteilung des Kraftstoffs in geschichtetem Zustand). Daher kann eine Brennkraftmaschine zur Verfügung gestellt werden, die eine hohe Ausgangsleistung aufweist und zu einem hervorragenden Fahrverhalten führt.

Im einzelnen wird, wenn Klopfen auftritt, ein Teil des Kraftstoffs, der in dem Verdichtungshub eingespritzt werden soll, statt dessen in dem Ansaughub eingespritzt, vor 40 dem Verdichtungshub, wodurch eine spontane Entzündung des Kraftstoffs durch Verringerung der Temperatur im Zylinder infolge der Verdampfungswärme unterdrückt werden kann.

Obwohl die Brennkraftmaschine so ausgebildet ist, daß 45 an sich kein Klopfen während des Verdichtungshubs bei irgendwelchen Zuständen mit Ausnahme des voranstehend geschilderten speziellen Zustands auftritt, kann selbst dann, wenn die Brennkraftmaschine in diesem speziellen Zustand betrieben wird, infolge einer Änderung der Betriebsbedingungen, das Auftreten von Klopfen dadurch unterdrückt werden, daß eine Erhöhung der Zylindertemperatur durch Einspritzen von Kraftstoff im Ansaughub begrenzt wird.

Die Kraftstoffmenge, die in dem Ansaughub eingespritzt werden soll, muß entsprechend einem Luft/Kraftstoffverhältnis gewählt werden, bei welchem der Kraftstoff bei der im Ansaughub eingespritzten Menge nicht verbrannt wird, und muß so eingestellt werden, daß das Ausgangsdrehmoment, das durch Verbrennung jener Kraftstoffmenge erzeugt wird, welche die Summe der voranstehend erwähnten Kraftstoffmenge und jener Kraftstoffmenge ist, die in denselben Zylinder im Verdichtungshub eingespritzt wird, unmittelbar nachdem der Ansaughub erfolgte, annähernd gleich jenem Ausgangsdrehmoment ist, das in einem anderen Zylinder unter Verwendung der Verdichtungshubeinspritzung unmittelbar vor Auftreten von Klopfen erzeugt wird.

Wenn die Kraftstoffmenge, die im Ansaughub eingespritzt werden soll, wie voranstehend geschildert eingestellt wird, lassen sich vorteilhafte Fahrleistungen erzielen, ohne

das Fahrverhalten zu beeinträchtigen.

Die Regeleinrichtung für die Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß sie Injektoren aufweist, die so angeordnet sind, daß sie direkt Kraftstoff in den jeweiligen Zylindern der Brennkraftmaschine einspritzen; einen Ansaugluftmengendetektor zum Detektieren der Ansaugluftmenge, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird; einen Kurbelwinkeldetektor zum Detektieren eines Kurbelwinkels der Brennkraftmaschine; einen Drosselklappenwinkeldetektor zum Detektieren des Winkels einer Drosselklappe; eine Zylinderidentifizierungsvorrichtung zum Identifizieren eines Zylinders, in welchem eine Verbrennung stattfindet; einen Klopfdetektor zum Detektieren von Klopfen in der Brennkraftmaschine; und eine Regeleinrichtung zum Regeln der Kraftstoffeinspritzung der Brennkraftmaschine durch Berechnung der Kraftstoffmenge, die in die Brennkraftmaschine eingespritzt wird, auf der Grundlage des Signals, das von dem Ansaugluftmengendetektor detektiert wird, dem Kurbelwinkeldetektor oder dem Drosselklappenwinkeldetektor, und durch Übertragung der Kraftstoffmenge als elektrisches Signal an die Injektoren, wobei dann, wenn Klopfen in einem Betriebszustand auftritt, in welchem Kraftstoff im Verdichtungshub eingespritzt wird, Kraftstoff in einen Zylinder im Ansaughub zu dem Zeitpunkt eingespritzt wird, wenn Klopfen auftritt. Durch diese Anordnung kann selbst dann, wenn Klopfen auftritt, wenn die Brennkraftmaschine in der Verdichtungshub-Einspritzbetriebsart betrieben wird, in welcher an sich Klopfen unwahrscheinlich ist, jedoch ein spezieller Betriebszustand vorhanden ist, das Klopfen dadurch unterdrückt werden, daß die Temperatur in dem Zylinder durch Einspritzung von Kraftstoff in diesen in dem Ansaughub vor dem Verdichtungshub abgesenkt wird. Bei der Regeleinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann daher eine hohe Leistung der Brennkraftmaschine erzielt werden, ohne Beeinträchtigungen in Bezug auf die Ausgangsleistung, den Kraftstoffverbrauch und dergleichen, im üblichen Betriebszustand, selbst wenn ein spezieller Betriebszustand berücksichtigt wird.

Da die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten von Klopfen, entsprechend dem Klopfzustand variabel geregelt wird, kann das Klopfen wirksam unterdrückt werden.

Da die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten von Klopfen, so eingestellt wird, daß ein Luft/Kraftstoffverhältnis zur Verfügung gestellt wird, bei welchem der Kraftstoff nicht in dem Zylinder gezündet wird, kann Klopfen wirksam unterdrückt werden.

Darüber hinaus wird die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nachdem Klopfen aufgetreten ist, vorzugsweise so eingestellt, daß das Ausgangsdrehmoment, das durch die Verbrennung einer Kraftstoffmenge erzeugt wird, welche die Summe der voranstehend erwähnten Kraftstoffmenge und einer Kraftstoffmenge ist, die in den Zylinder in einem Verdichtungshub nach dem Ansaughub eingespritzt wird, im wesentlichen gleich dem Ausgangsdrehmoment ist, das durch eine Kraftstoffmenge erzeugt wird, die in den Verdichtungshub ohne Auftreten von Klopfen eingespritzt wird. Daher kann das Fahrverhalten mit der Brennkraftmaschine verbessert werden.

sind:

Injektoren (11), die so angeordnet sind, daß sie direkt Kraftstoff in den jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine (1) einspritzen;
ein Ansaugluftmengendetektor (2) zum Detektieren der Ansaugluftmenge, die der Brennkraftmaschine (1) zugeführt wird;
ein Kurbelwinkeldetektor (5) zum Detektieren des Kurbelwinkels der Brennkraftmaschine (1);
ein Drosselklappenwinkeldetektor (4) zum Detektieren des Winkels einer Drosselklappe;
eine Zylinderidentifizierungsvorrichtung (14) zum Identifizieren eines Zylinders, in welchem eine Verbrennung erfolgt;
einen Klopfdetektor zum Detektieren von Klopfen in der Brennkraftmaschine (1); und
eine Regeleinrichtung (8) zum Regeln der Kraftstoffeinspritzung in der Brennkraftmaschine (1) durch Berechnung einer Kraftstoffmenge, die in die Brennkraftmaschine (1) eingespritzt werden soll, auf der Grundlage des Signals, das von dem Ansaugluftmengendetektor (2) detektiert wird, dem Kurbelwinkeldetektor (5), oder dem Drosselklappenwinkeldetektor (4), und zur Übertragung der Kraftstoffmenge als elektrisches Signal an die Injektoren (11), wobei dann, wenn Klopfen in einem Betriebszustand auftritt, in welchem Kraftstoff im Verdichtungshub eingespritzt wird, Kraftstoff in einen Zylinder im Ansaughub zu dem Zeitpunkt eingespritzt wird, an welchem das Klopfen auftritt.

2. Regeleinrichtung (8) für eine Brennkraftmaschine (1) mit Direkteinspritzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten des Klopfens, variabel entsprechend einem Klopfzustand geregelt wird.

3. Regeleinrichtung (8) für eine Brennkraftmaschine (1) mit Direkteinspritzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten des Klopfens, so eingestellt wird, daß ein Luft/Kraftstoffverhältnis bereitgestellt wird, bei welchem der Kraftstoff in dem Zylinder nicht gezündet wird.

4. Regeleinrichtung (8) für eine Brennkraftmaschine (1) mit Direkteinspritzung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffmenge, die in den Zylinder eingespritzt werden soll, der sich im Ansaughub befindet, nach Auftreten des Klopfens, so eingestellt wird, daß das Ausgangsdrehmoment, das durch die Verbrennung einer Kraftstoffmenge hervorgerufen wird, welche die Summe der genannten Kraftstoffmenge und jener Kraftstoffmenge ist, die in den Zylinder in einem Verdichtungshub nach dem Ansaughub eingespritzt wird, im wesentlichen gleich dem Ausgangsdrehmoment ist, das auf der Grundlage der Kraftstoffmenge erzeugt wird, die in dem Verdichtungshub eingespritzt wird, wenn kein Klopfen auftritt.

FIG. 1

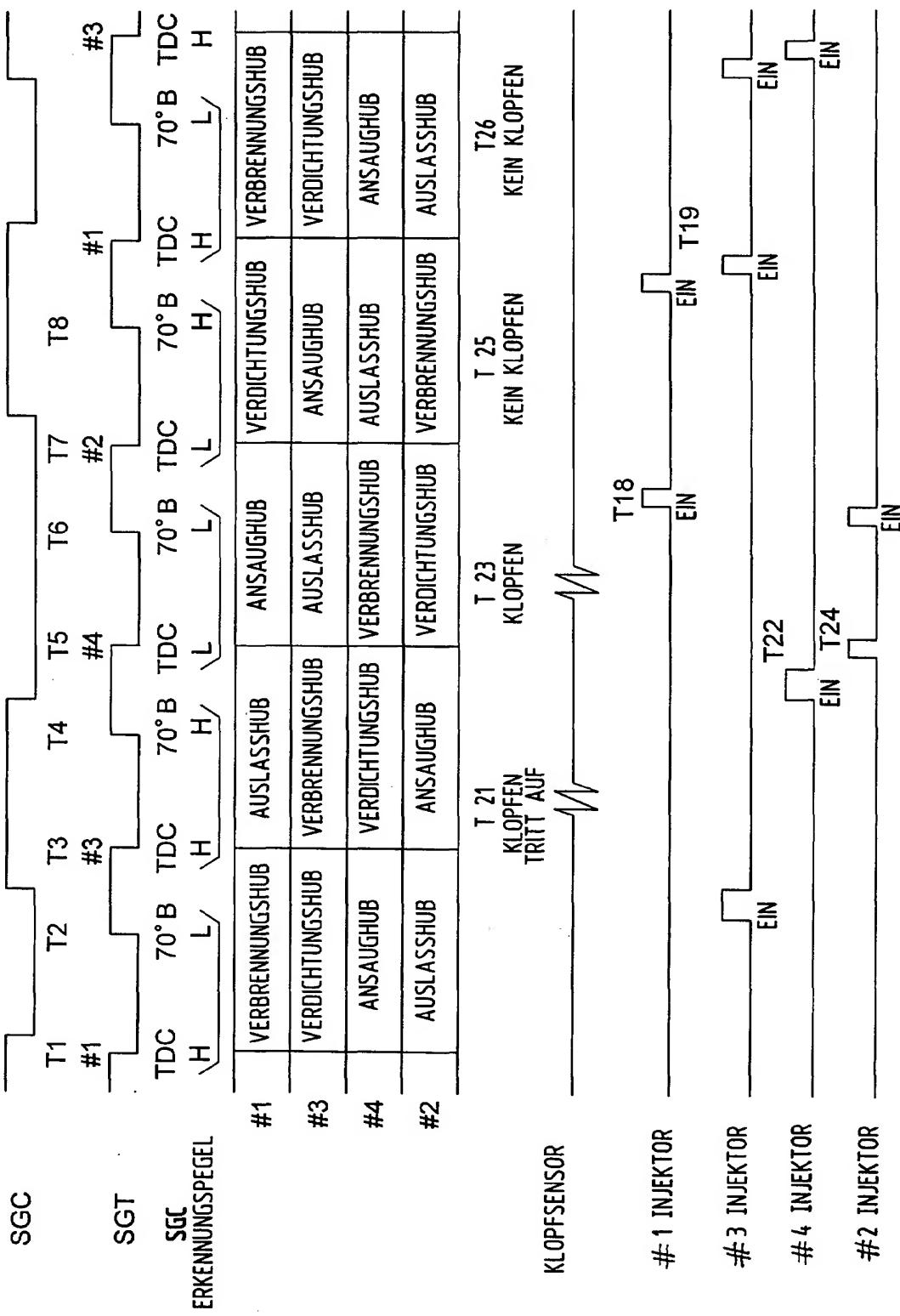


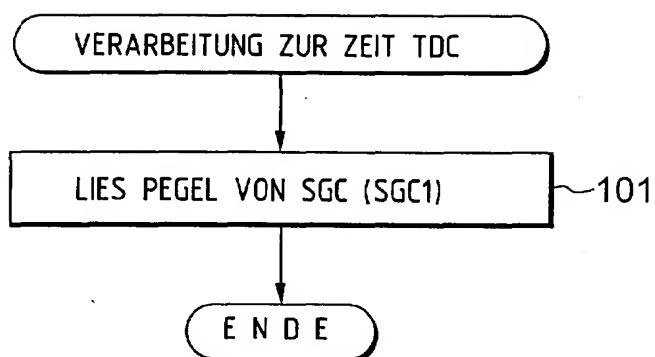
FIG. 2

FIG. 3

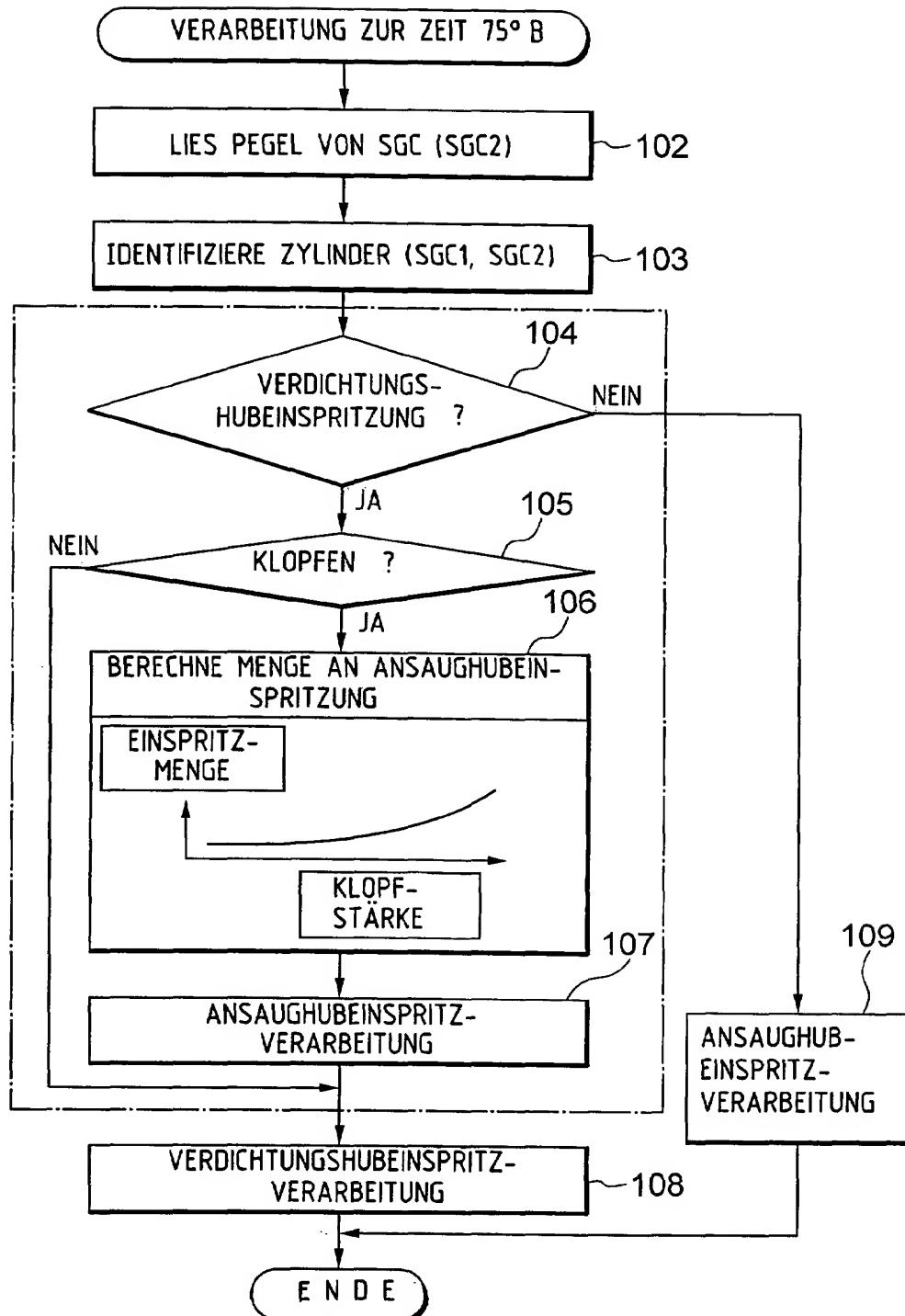


FIG. 4

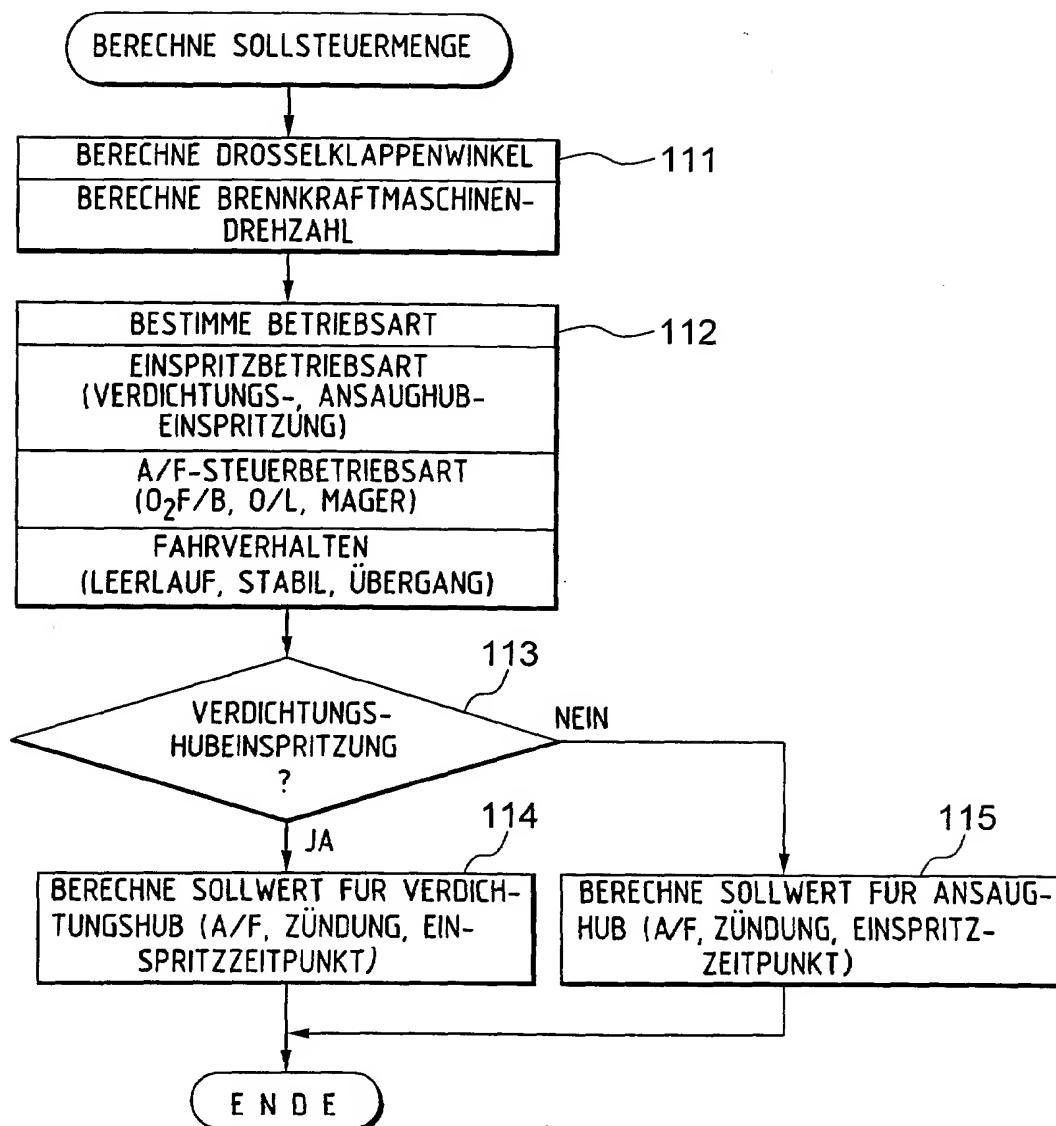


FIG. 5

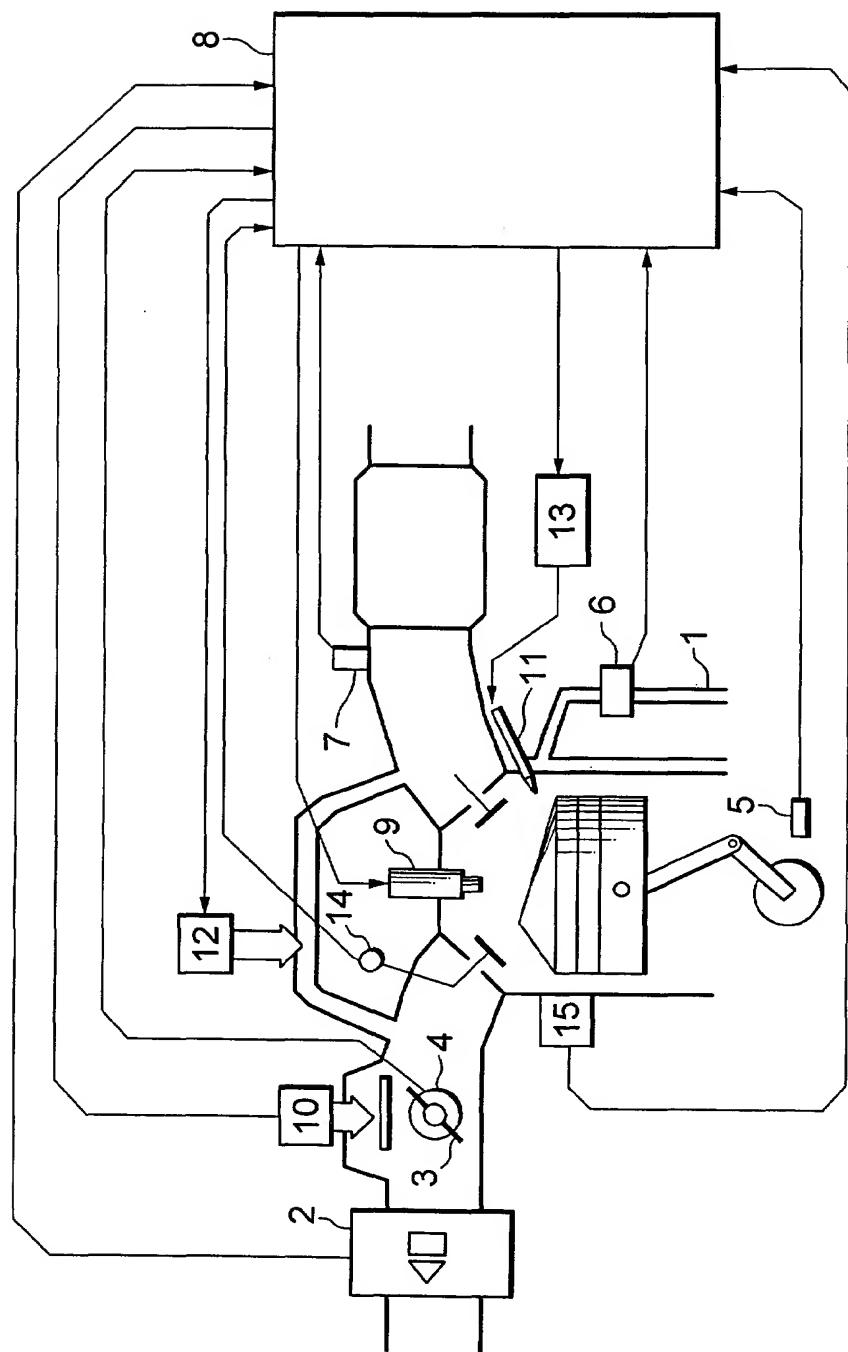


FIG. 6

